

# **Acessibilidade urbana e avaliação de impacto**

Rafael H. M. Pereira, Daniel Herszenhut

2022-08-09T00:00:00+00:00

# Table of contents

<b>Apresentação</b>	<b>5</b>
Licença de uso . . . . .	5
 <b>I PARTE 1: Introdução a acessibilidade urbana</b>	 <b>6</b>
<b>1 O que é acessibilidade?</b>	<b>8</b>
1.1 Definição de acessibilidade urbana . . . . .	8
1.2 Por que acessibilidade importa? . . . . .	8
1.3 Diferença entre micro e macro acessibilidade . . . . .	9
1.4 Diferença entre acessibilidade e mobilidade urbana . . . . .	9
 <b>2 Indicadores de acessibilidade</b>	 <b>11</b>
2.1 Medidas baseadas em lugares . . . . .	11
2.1.1 Mínima distância ou tempo de viagem . . . . .	11
2.1.2 Medida cumulativa de oportunidades . . . . .	11
2.1.3 Medidas gravitacionais . . . . .	11
2.1.4 Indicadores com competição: Floating catchment area . . . . .	11
2.2 Medidas baseadas em pessoas . . . . .	11
 <b>II PARTE 2: Dados do Projeto AOP</b>	 <b>13</b>
 <b>III Quais dados estão disponíveis?</b>	 <b>15</b>
Escopo dos dados: . . . . .	16
Dados de população, empregos e serviços públicos: . . . . .	16
Dados de acessibilidade urbana: . . . . .	16
 <b>3 Dados de população e socioeconômicos</b>	 <b>17</b>
3.1 Download dos dados . . . . .	17
3.2 Mapa de população total . . . . .	17
3.3 Mapa de população por renda . . . . .	17
3.4 Mapa de população por cor . . . . .	17

<b>4</b>	<b>Dados de distribuição espacial de oportunidades</b>	<b>18</b>
4.1	Download dos dados . . . . .	18
4.2	Mapa de empregos . . . . .	18
4.3	Mapa de escolas . . . . .	18
4.4	Mapa de servi os de sa de . . . . .	18
4.5	Mapa de CRAS . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Estimativas e mapas de acessibilidade</b>	<b>19</b>
5.1	Download dos dados . . . . .	19
5.2	Estimativas de acessibilidade . . . . .	19
5.3	Geografia do acesso a oportunidades . . . . .	19
5.3.1	Mapa TMI a sa de . . . . .	19
5.3.2	Mapa CMA empregos . . . . .	19
5.4	Desigualdades de acesso a oportunidades . . . . .	19
<b>IV</b>	<b>PARTE 3: Dados de transporte público (GTFS)</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>Dados de transporte público em formato GTFS</b>	<b>22</b>
6.1	O que é GTFS . . . . .	22
6.2	Estrutura dos arquivos de GTFS . . . . .	22
6.3	Onde encontrar GTFS de cidades brasileiras . . . . .	22
6.4	Como extrair análises básicas de um GTFS (pacote gtfstools) . . . . .	22
6.5	Cálculo de velocidade das linhas . . . . .	22
6.6	Cálculo de frequência das linhas . . . . .	22
6.7	Mapear a rede de transporte público . . . . .	22
6.8	Como fazer edições na rede de transporte público (pacote gtfstools) . . . . .	22
<b>V</b>	<b>PARTE 4: Calculando acessibilidade</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Calculando acessibilidade urbana com r5r</b>	<b>24</b>
<b>VI</b>	<b>PARTE 5: Avaliação de impacto</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>Comparando a acessibilidade entre dois cenários de transporte</b>	<b>26</b>
8.1	7.1 Alterar frequência de GTFS . . . . .	26
8.2	7.2 Calcular acessibilidade nos cenários antes e depois . . . . .	26
8.3	Mapa do impacto de acessibilidade . . . . .	26
8.4	Como impacto de acessibilidade se distribui entre grupos sociais . . . . .	26
<b>9</b>	<b>Comparando a acessibilidade entre dois cenários de uso do solo</b>	<b>27</b>
9.1	Simulação de aumentando de densidade populacional . . . . .	27

9.2	Calcular acessibilidade nos cenários antes e depois . . . . .	27
9.3	Mapa do impacto de acessibilidade . . . . .	27
9.4	Como impacto de acessibilidade se distribui entre grupos sociais . . . . .	27
<b>References</b>		<b>28</b>
<b>Appendices</b>		<b>28</b>
<b>A</b>	<b>Noções básicas de R</b>	<b>29</b>
A.1	Objetos . . . . .	29
A.2	Data.frames . . . . .	30
A.3	Como importar e exportar arquivos . . . . .	30
A.4	Funções . . . . .	30
A.5	Visualização de dados com <code>ggplot2</code> . . . . .	30

# Apresentação

Este livro tem como objetivo equipar gestores públicos, analistas e pesquisadores de planejamento e transporte urbano com o conhecimento e as habilidades práticas necessárias para a realização de estudos e avaliações de impacto de acessibilidade urbana. Além de uma visão geral sobre conceitos e indicadores de acessibilidade, o livro ensina a analisar dados espaciais e de redes de transporte utilizando a linguagem de programação R, focando especialmente no cálculo e criação de visualizações de acessibilidade nas cidades brasileiras. O livro tem caráter prático “mão na massa”, e se apoia em exemplos reproduzíveis e exercícios em R.

O livro é elaborado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) no âmbito da parceria entre Ipea e a Secretaria de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano (SMDRU) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR).

**i** Este livro foi escrito e publicado com o sistema de publicação [Quarto](#). Todo o código utilizado em seu preparo e na sua publicação pode ser encontrado [neste repositório](#).

## Licença de uso

Definir licença.

## **Part I**

# **PARTE 1: Introdução a acessibilidade urbana**

**Objetivo:** O objetivo desse capítulo é (1) apresentar o que o conceito de acessibilidade urbana e esclarecer a diferença entre acessibilidade e mobilidade; e (2) apresentar uma visão geral sobre os principais e indicadores para se medir acessibilidade.

Quanto tempo se consegue acessar em menos de uma hora usando transporte público? Quanto tempo se leva para chegar até o posto de saúde ou escola mais próxima da sua casa? As respostas a essas perguntas dependem diretamente das políticas de transporte e de desenvolvimento urbano das cidades. Essas políticas determinam em larga medida a acessibilidade urbana, isto é, a facilidade com a qual pessoas de diferentes grupos sociais e níveis de renda distintos conseguem acessar oportunidades de emprego, serviços de saúde e educação, atividades culturais e de lazer. Assim, essas políticas têm papel-chave para o funcionamento da economia, para a construção de cidades mais sustentáveis e inclusivas e para a redução da desigualdade de acesso a oportunidades

# 1 O que é acessibilidade?

## 1.1 Definição de acessibilidade urbana

Acessibilidade é a facilidade com que as pessoas conseguem alcançar lugares e oportunidades – ou, inversamente, uma característica de lugares e oportunidades em termos de quão facilmente eles podem ser alcançados pela população (Geurs & van Wee, 2004; Neutens et al., 2010).

A noção de acessibilidade está relacionada tanto à co-distribuição espacial da população e de atividades econômicas e serviços públicos quanto à configuração e desempenho das redes de transporte. Nesse sentido, a acessibilidade urbana tem papel fundamental na capacidade das pessoas de se deslocarem para acessar oportunidades (como empregos, escolas, etc.).

tres componentes:

- Infraestrutura
- Uso do solo
- Pessoas

O nível de acessibilidade de uma cidade ou bairro depende da eficiência e conectividade da rede de transporte, mas também da proximidade entre pessoas e atividades. A promoção de cidades mais sustentáveis, inclusivas e inteligentes exige políticas que melhorem a acessibilidade urbana e reduzam as desigualdades de acesso a oportunidades.

## 1.2 Por que acessibilidade importa?

O conceito de acessibilidade é central em estudos de transporte por várias razões. Esse conceito articula de maneira mais explícita como políticas de transporte e políticas de desenvolvimento e uso do solo urbano interagem de maneira a impactar as capacidades das pessoas de se deslocarem nas cidades. O acesso a postos trabalho, serviços de educação e saúde tem papel fundamental para a satisfação das necessidades individuais e sociais, e é uma condição necessária, embora não suficiente, para a expansão da liberdade de escolha das pessoas (Church, Frost e Sullivan, 2000; Farrington, 2007; Lucas et al., 2016). Ademais, a ideia de acessibilidade traz à tona a dimensão espacial da injustiça e desigualdade no acesso a oportunidades, e ajuda a incorporar de maneira explícita a noção de espaço no desenho de políticas destinadas a enfrentar essas injustiças (Farrington e Farrington, 2005; Pereira, Schwanen e Banister, 2017).



O nível de acesso a oportunidades numa cidade é um resultado conjunto da capacidade de as pessoas utilizarem tecnologias de transporte e da integração entre a distribuição geográfica de atividades vis-à-vis a conectividade espacial e temporal da rede de transporte (Miller, 2018; Páez, Scott e Morency, 2012). Assim, a construção de cidades mais inclusivas e sustentáveis passa, em larga medida, por um planejamento integrado entre uso do solo e do sistema de transporte, o que tende a criar maior proximidade entre pessoas e atividades, aumentando a acessibilidade urbana e reduzindo a dependência de modos de transporte motorizados (Banister, 2011)

### 1.3 Diferença entre micro e macro acessibilidade

Para fins de esclarecimento de conceitos, é importante distinguir entre o que nós chamamos de acessibilidade urbana e o uso mais corrente que é feito no português da palavra acessibilidade.

- O termo *acessibilidade* é comumente utilizado para se referir a questões relacionadas à normas de design, construção e planejamento para inclusão de pessoas com diferentes graus e tipos de deficiência física. Isso é o que nós podemos chamar de **microacessibilidade**, pois trata na escala micro individual da capacidade de pessoas conseguirem acessar lugares, serviços, produtos etc.
- A expressão *acessibilidade urbana*, por sua vez, pode ser entendida como **macroacessibilidade**, pois trata de uma maneira mais ampla sobre como a capacidade das pessoas de acessarem atividades considerando tanto as capacidades das pessoas utilizarem tecnologias de transporte quanto a distribuição espacial de atividades vis-à-vis a cobertura e conectividade da rede de transporte.

Note, portanto, que microacessibilidade é um importante componente de uma noção mais ampla de acessibilidade urbana. Ainda, ambas micro e macroacessibilidade tem papel fundamental em moldar a mobilidade urbana da população.

### 1.4 Diferença entre acessibilidade e mobilidade urbana

A noção de acessibilidade é diferente, mas complementar à de mobilidade urbana. Estudos sobre mobilidade urbana costumam olhar para os padrões de viagens que as pessoas efetivamente fazem no seu dia a dia – por exemplo, quantas viagens foram feitas, que modo de transporte as pessoas usam, qual o tempo de deslocamento casa-trabalho etc. Essas questões são tipicamente captadas por meio de pesquisas origem-destino, e trazem importantes informações sobre as condições de transporte e bem-estar das pessoas.

No entanto, a mobilidade não é um fim em si mesma. As pessoas se deslocam como um meio para acessar as atividades no destino da viagem, incluindo oportunidades de emprego, lazer, serviços, entre outras. O enfoque na acessibilidade urbana destaca justamente essas atividades e

oportunidades que podem ser acessadas pelas pessoas, dadas as suas características individuais, a forma de organização espacial das cidades e a maneira como se organizam os sistemas de transporte.

## 2 Indicadores de acessibilidade

Existem diversos indicadores para se medir acessibilidade. Esses indicadores podem ser divididos em dois grandes grupos: indicadores baseados em lugar e indicadores baseados em pessoas (Dijst, Jong, and Eck 2002).

### 2.1 Medidas baseadas em lugares

Medidas baseadas em lugar medem a acessibilidade enquanto uma característica de um determinado local. Por simplificação, esses indicadores assumem que todas as pessoas que se encontram em um mesmo local tem as mesmas condições de acesso às atividades distribuídas pela cidade. Esses indicadores são sensíveis a fatores relacionados a distribuição espacial de atividades e a configuração e desempenho da rede de transporte, mas não levam em consideração as características individuais das pessoas.

Os indicadores desse tipo os mais amplamente utilizados por agências de transporte e pesquisadores (ref). Isso porque esses indicadores exigem menor quantidade de dados e são consideravelmente mais fáceis de serem calculados. Por este motivo, todo o material desse curso irá se focar nesses indicadores de acessibilidade baseados em lugares.

Nós apresentamos abaixo uma rápida descrição de alguns desses indicadores.

#### 2.1.1 Mínima distância ou tempo de viagem

#### 2.1.2 Medida cumulativa de oportunidades

#### 2.1.3 Medidas gravitacionais

#### 2.1.4 Indicadores com competição: Floating catchment area

### 2.2 Medidas baseadas em pessoas

Indicadores de acessibilidade baseadas em pessoas são sensíveis não apenas à distribuição espacial de atividades e a configuração e desempenho da rede de transporte. Esses indicadores mas também levam em consideração como características pessoais (como sexo, idade, deficiência

física etc) e até questões como atividades e compromissos pessoais podem afetar a facilidade de uma pessoa acessar determinadas atividades. Esse grupo de medidas inclui, por exemplo, indicadores de acessibilidade baseados em utilidade ou medidas de espaço-tempo.

Os indicadores desse tipo costumam demanda grande quantidades de dados, incluindo registros de diários de viagem, pesquisas domiciliares tipo origem-destino etc. Além disso, o cálculo desses indicadores é computacionalmente mais intensivo e complexo, o que faz com que esses indicadores sejam menos utilizados, embora mais sofisticados (ref).

## **Part II**

# **PARTE 2: Dados do Projeto AOP**

**Objetivo:** o objetivo deste capítulo é mostrar como fazer download e analisar os dados do projeto Acesso a Oportunidades (AOP) utilizando o pacote `aopdata` no R.

O projeto [Acesso a Oportunidades](#) disponibiliza uma extensa base de dados com informações sobre a distribuição da população, atividades econômicas e serviços públicos, além de várias estimativas de acessibilidade urbana para diversos tipos de atividades considerando diferentes modos de transporte (caminhada, bicicleta, transporte público e automóvel), diferentes horários do dia (pico e fora-pico) e diferentes grupos populacionais (segundo níveis de renda, raça, sexo e idade). Nesta versão, a base de dados traz essas informações para diversos anos, se apoiando em uma única metodologia consistente para as 20 maiores cidades do Brasil. Veja abaixo `?@tbl-tabela_dados_pop` e `?@tbl-tabela_dados_access`.

**i** As metodologias utilizadas para gerar estes dados são apresentadas em detalhe em publicações separadas, para os dados populacionais e de uso do solo (ref), e para os dados de acessibilidade (ref).

## **Part III**

**Quais dados estão disponíveis?**

## Escopo dos dados:

### Dados de população, empregos e serviços públicos:

Tabela x. Informações socioeconômicas da população e de distribuição espacial de atividades, segundo ano e fonte de dados.

Dado	Informações
Características sociodemográficas da população	Quantidade de pessoas segundo sexo, faixa de idade e cor/raça
Estabelecimentos de educação	Quantidade de creches e escolas públicas segundo nível infantil
Estabelecimentos de saúde	Quantidade de estabelecimentos de saúde que atendem pelo SUS
Atividade econômica	Quantidade de empregos formais conforme o nível de instrução
Estabelecimentos de assistência social	Quantidade de CRAS

: Informações socioeconômicas da população e de distribuição espacial de atividades, segundo ano e fonte de dados {#tbl-tabela\_dados\_pop}

### Dados de acessibilidade urbana:

Indicador (código)	Descrição
Tempo mínimo de viagem (TMI)	Tempo até a oportunidade mais próxima
Medida cumulativa ativa (CMA)	Quantidade de oportunidades acessíveis em um determinado limite de tempo
Medida cumulativa passiva (CMP)	Quantidade de pessoas que acessam a localidade em um determinado limite de tempo

: Indicadores de acessibilidade calculados no Projeto Acesso a Oportunidades {#tbl-tabela\_dados\_access}



## 3 Dados de população e socioeconômicos

### 3.1 Download dos dados

### 3.2 Mapa de população total

### 3.3 Mapa de população por renda

### 3.4 Mapa de população por cor

1 + 1

[1] 2

## 4 Dados de distribuição espacial de oportunidades

### 4.1 Download dos dados

### 4.2 Mapa de empregos

### 4.3 Mapa de escolas

### 4.4 Mapa de serviços de saúde

### 4.5 Mapa de CRAS

1 + 1

[1] 2

## 5 Estimativas e mapas de acessibilidade

### 5.1 Download dos dados

### 5.2 Estimativas de acessibilidade

ilustrar alguns indicadores para pegar a logica do dicionario de dados

### 5.3 Geografia do acesso a oportunidades

a

#### 5.3.1 Mapa TMI a sa de

a

#### 5.3.2 Mapa CMA empregos

a

### 5.4 Desigualdades de acesso a oportunidades

1 + 1

[1] 2

## **Part IV**

### **PARTE 3: Datos de transporte público (GTFS)**

Dados de transporte público são peças fundamentais no planejamento de transportes em geral, e em análises de acessibilidade em particular. Para serem usados de forma que se tenha segurança no resultado das análises, esses dados precisam ser confiáveis e de simples inspeção e interpretação.

Tentando satisfazer esses critérios, cada vez mais agências de transporte público, tomadores de decisão e pesquisadores têm buscado utilizar dados estruturados conforme especificações abertas e colaborativas - ou seja, cujo formato seja decidido por uma comunidade de atores interessados, incluindo partes que produzem esses dados (agências de transporte público, por exemplo) e que os consomem (pesquisadores, desenvolvedores de ferramentas de planejamento, etc.), e não apenas por um único ator que dita, muitas vezes de forma pouco transparente, os padrões a serem utilizados. Embora uma especificação aberta não necessariamente resolva o problema da qualidade e da confiabilidade dos dados por ela descritos, quando esta é amplamente utilizada aumenta-se a confiabilidade da especificação em si. Além do mais, cresce também a capacidade de inspeção dos dados e de sua interpretação, visto que múltiplos atores detêm o conhecimento necessário para tal.

A especificação de dados aberta e colaborativa mais amplamente utilizada no contexto do planejamento de transporte público é o formato GTFS, sigla para *General Transit Feed Specification* (Especificação Geral de Redes de Transporte Público, em tradução livre). Seus usos abrangem tanto o planejamento quanto a operação de sistemas de transporte público. Nesta seção nós iremos aprender o que são os dados GTFS, como eles são estruturados e como utilizá-los, produzi-los e modificá-los.

## **6 Dados de transporte público em formato GTFS**

**Objetivo:** apresentar uma visão geral sobre o que são dados GTFS; onde conseguir dados de GTFS no Brasil; mostrar como fazer algumas análises básicas e edições dos dados de GTFS usando o pacote gtfstools

### **6.1 O que é GTFS**

### **6.2 Estrutura dos arquivos de GTFS**

### **6.3 Onde encontrar GTFS de cidades brasileiras**

### **6.4 Como extrair análises básicas de um GTFS (pacote gtfstools)**

### **6.5 Cálculo de velocidade das linhas**

### **6.6 Cálculo de frequência das linhas**

### **6.7 Mapear a rede de transporte público**

### **6.8 Como fazer edições na rede de transporte público (pacote gtfstools)**

## **Part V**

### **PARTE 4: Calculando acessibilidade**

## 7 Calculando acessibilidade urbana com r5r

Objetivo: mostrar como calcular acessibilidade urbana usando o pacote r5r

6.1 Função ‘accessibility{r5r}’, diferentes indicadores

6.2 Mapa de acessibilidade

```
1 + 1
```

```
[1] 2
```



## **Part VI**

# **PARTE 5: Avaliação de impacto**

## **8 Comparando a acessibilidade entre dois cenários de transporte**

**Objetivo:** mostrar como avaliar o impacto de acessibilidade de uma política que altera a frequência de algumas linhas de transporte

### **8.1 7.1 Alterar frequência de GTFS**

### **8.2 7.2 Calcular acessibilidade nos cenários antes e depois**

### **8.3 Mapa do impacto de acessibilidade**

### **8.4 Como impacto de acessibilidade se distribui entre grupos sociais**

## **9 Comparando a acessibilidade entre dois cenários de uso do solo**

**Objetivo:** mostrar como avaliar o impacto de acessibilidade de uma política que (a) constrói nova escola, ou (b) aumenta densidade de população em determinadas áreas da cidade

### **9.1 Simulação de aumentando de densidade populacional**

### **9.2 Calcular acessibilidade nos cenários antes e depois**

### **9.3 Mapa do impacto de acessibilidade**

### **9.4 Como impacto de acessibilidade se distribui entre grupos sociais**

## References

Dijst, Martin, Tom de Jong, and Jan Ritsema van Eck. 2002. “Opportunities for Transport Mode Change: An Exploration of a Disaggregated Approach.” *Environment and Planning B: Planning and Design* 29 (3): 413–30. <https://doi.org/10.1068/b12811>.

# A Noções básicas de R

## A.1 Objetos

```
a <- 1
```

```
a + 1
```

```
[1] 2
```

```
a <- c(1,2,3)
```

```
a + 1
```

```
[1] 2 3 4
```

Texto

```
a <- "Bom dia"
```

```
paste(a, 'Joana')
```

```
[1] "Bom dia Joana"
```

## **A.2 Data.frames**

## **A.3 Como importar e exportar arquivos**

## **A.4 Funções**

## **A.5 Visualização de dados com ggplot2**

““